PART2　鉛蓄電池・燃料電池

目標　・代表的な実用電池に触れてみよう！

Chapter1　鉛蓄電池

要点

鉛蓄電池

・（－）Pb|H_2SO_4aq|PbO_2（＋）

（－）$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

（＋）$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

◆ 鉛蓄電池　（－）Pb|H_2SO_4aq|PbO_2（＋）起電力2.0V　重要

電解液：希硫酸 H_2SO_4aq

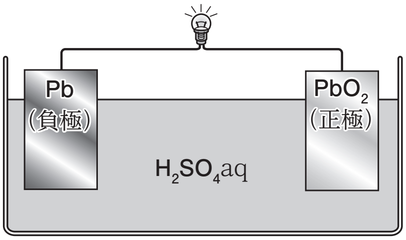
負極　：鉛 Pb

$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

正極　：酸化鉛（Ⅳ）　PbO_2

$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

$\rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$



両極の式をまとめると次のようになる。

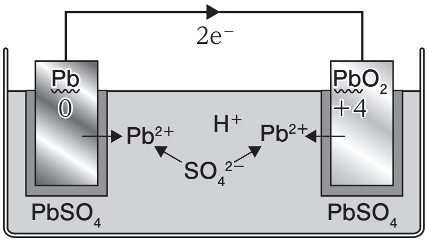
$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

負極の Pb（酸化数０）から正極の PbO_2（酸化数＋４）に電子（$2e^-$）が移動し，どちらも Pb^{2+}（酸化数＋２）に変化する。

◆ 電解液に希硫酸を用いる理由　重要

電解液として希硫酸を用いることで，生成した Pb^{2+} は H_2SO_4aq 中の SO_4^{2-}と沈殿を作り，$PbSO_4$ として電極に貼り付く。

電解液に H_2SO_4aq を用いることで Pb^{2+} を



$PbSO_4$として電極に残し，逆反応すなわち充電を可能にしている。

このように充電可能な電池を**二次電池**または**蓄電池**という。（充電できない電池は**一次電池**という）

まとめ

・鉛蓄電池は負極に（　　　　　），正極に（　　　　　　　　　　），電解液に（　　　　　　　　　　）を用いた電池である。

鉛蓄電池のように充電可能な電池を（　　　　　　　　　　）という。

Chapter2　鉛蓄電池の計算

要点

鉛蓄電池の計算

1 molのPbと1 molのPbO_2が反応し, 2molのe^-が流れることがポイントとなる。

◆ 鉛蓄電池の計算　重要

各極の式，まとめた式を再度確認してみよう。

負極　$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

正極　$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

全体　$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

これらの式から，次の量的関係がわかる。

負極：Pb 1mol が反応し，$PbSO_4$ 1mol に変化する。そのとき e^- 2mol が流れる。

正極：PbO_2 1mol が反応し，$PbSO_4$ 1mol に変化する。そのとき e^- 2mol が流れる。

例題

放電で電子が2.0mol流れたとき，負極は何g増加するか。ただし，原子量はO 16，S 32，Pb 207とする。

考え方

電子2.0molが流れると，負極ではPb 1.0molが$PbSO_4$ 1.0molに変化する。すなわちSO_4（式量96）1.0mol分だけ重くなる。よって96g増加する。

まとめ

・鉛蓄電池において，負極の Pb 1 mol が反応して $PbSO_4$ 1 mol に変化するときに電子が（　　　）mol 流れる。

Chapter3　燃料電池

要点

燃料電池

（－）$H_2|H_3PO_4aq|O_2$（＋）

（－）$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

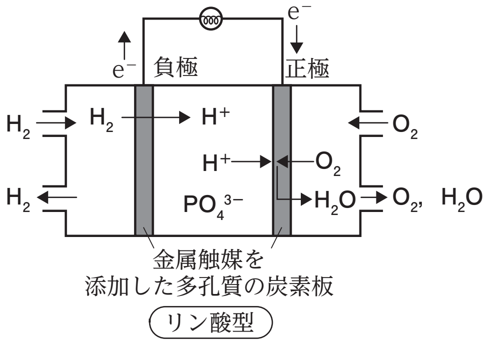
（＋）$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

◆ 燃料電池　（－）$H_2|H_3PO_4aq|O_2$（＋）　重要

物質が燃えるときに放出される熱を電気エネルギーに変えて取り出す装置が燃料電池である。

ここでは，水素 H_2 が燃えて水が生成するときの熱を利用する燃料電池で，電解液にリン酸 H_3PO_4aq を用いるものを確認してみよう。

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H = -286\text{kJ/mol}$$



リン酸型

上記の反応式は，水の電気分解の化学反応式の逆向きとなる。（電池と電気分解は逆の変化）

電気分解の各極の式の作り方は「電気分解の基本」で学ぶため，それを学んだ後に水の電気分解の式を作れば，その逆反応（→を逆に向ける）が燃料電池の式となる。よって，暗記する必要はない。

ここでは確認だけしておこう。

負極　$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

正極　$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

負極で生じる H^+ が電解液中を移動し，正極の反応に利用される。

まとめ

・燃料電池の化学反応式は（　　　　）の電気分解の化学反応式の逆向きとなる。

負極から正極に（　　　　　　　　）が移動する。

Chapter4　燃料電池の計算

要点

燃料電池の計算

流れた電子の $\frac{1}{2}$ 倍の物質量の H_2 が負極で反応し，流れた電子の $\frac{1}{4}$ 倍の物質量の O_2 が正極で反応する。

◆ 燃料電池の計算

各極の式を再度確認してみよう。

負極　$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

正極　$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

上記の式より，次のことがわかる。

負極：流れた電子の $\frac{1}{2}$ 倍の物質量の H_2 が反応。

正極：流れた電子の $\frac{1}{4}$ 倍の物質量の O_2 が反応。

これらを計算式にして，知りたいものを求めていこう。

例題

リン酸水溶液を用いた水素燃料電池を放電すると電子が 2.00mol 流れた。このとき負極で反応した水素は標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）で何 L か。

考え方

負極では流れた電子の $\frac{1}{2}$ 倍の物質量の水素が反応するため，1 mol の水素が

反応する。よって，標準状態では22.4Lである。

まとめ

・リン酸水溶液を用いた水素燃料電池において，負極では流れた電子の物質量の（　　　）倍の水素が反応し，正極では流れた電子の物質量の（　　　）倍の酸素が反応する。

Chapter5　リチウムイオン電池

要点

リチウムイオン電池

起電力が大きく（約4.0V），スマホやノートパソコンなどに幅広く利用されている。

◆ リチウムイオン電池

起電力が大きく（約4.0V）長寿命であることから，スマホやノートパソコン，デジタルカメラなどに利用され，現在，私たちの生活に欠かすことのできない存在である実用電池。

負極と正極の間をリチウムイオン Li^+ が移動して充放電が起こる。

負極活物質：リチウムと黒鉛の化合物（C_6Li_x）

正極活物質：コバルト酸リチウム（$Li_{(1-x)}CoO_2$）

電解質　　：リチウム塩を含んだ有機溶媒

まとめ

・リチウムイオン電池は（　　　　　）が大きく，さまざまなものに利用されている。負極と正極の間を（　　　　　　　　　）が移動することで充放電が起こる。

Chapter6　演習問題

問　鉛蓄電池を外部電源に接続し，充電をおこなった。充電により流れた電子が 0.10mol のとき，正極は何 g 減少するか。

ただし，原子量は O 16，S 32，Pb 207 とする。

第 6 講 PART2 確認問題

問 1 負極に鉛，(a)正極に酸化鉛（Ⅳ），電解液に希硫酸を用いた電池を(b)鉛蓄電池という。鉛蓄電池は充電が可能であり，このような電池を（ ア ）という。

一方，水素などの燃料が持つ化学エネルギーを電気エネルギーに変えて取り出す装置を燃料電池という。リン酸水溶液を電解液に用いた水素燃料電池においては，負極で（ イ ）が生じ，正極の反応に利用される。

(1) 文中の下線部(a)について，鉛蓄電池の正極で起こる反応として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

a. $PbO_2 + SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2OH^-$

b. $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

c. $PbO_2 + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + O_2 + 2e^-$

d. $PbO_2 + SO_4^{2-} + 2H_2 \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O + 2e^-$

① a　② b
③ c　④ d

(2) 文中の下線部(b)について，鉛蓄電池を放電して電子が 0.50mol 流れたとき，負極は何 g 増加するか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，原子量は O：16，S：32，Pb：207 とする。

① 24g　② 48g
③ 72g　④ 96g

(3) 文中の（ ア ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 一次電池　② 二次電池
③ ダニエル電池　④ ボルタ電池

(4) 文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 水素イオン　② 水酸化物イオン

③ 水素　④ 水

(5) リチウムイオン電池は起電力が大きいことが特徴であるが，その起電力として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 約 1.2V　② 約 2.0V

③ 約 4.0V　④ 約 5.2V

第６講　化学反応と電気エネルギー

PART1　ダニエル電池・ファラデーの法則

問　6.0×10^{-2} mol

PART2　鉛蓄電池・燃料電池

問　3.2g

PART3　電気分解の基本

問　陽極：生成する物質 O_2，物質量 2.5×10^{-3} mol

陰極：生成する物質 Cu，物質量 5.0×10^{-3} mol

PART4　電気分解の工業的利用

問　(1)　陽極：$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

陰極：$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

(2)　Na^+，陽極から陰極に移動する。

PART5　電気分解の計算

Chapter1

問　(1)　0.900L

(2)　1.54×10^4 秒

Chapter2

問　(1)　電極 a：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

電極 b：$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

(2)　0.560 L

Chapter3

問　0.5 倍

Chapter4

問　⑴　電極 a：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

電極 b：$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

電極 c：$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

電極 d：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

⑵　電極 b

⑶　2.5×10^{-2} mol

第 6 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

反応時，鉛蓄電池の正極では，以下の反応が起こる。

$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

(2)　①

解説：

反応時，鉛蓄電池の負極では，以下の反応が起こる。

$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

この反応式から，電子 0.50mol が流れると，負極では Pb 0.25mol が $PbSO_4$ 0.25mol に変化する。すなわち，SO_4（式量 96）0.25mol 分だけ重くなる。よって，96 × 0.25 = 24g 増加する。

(3)　②

解説：

鉛蓄電池のように，充電可能な電池を二次電池（蓄電池）という。

(4)　①

解説：

電解液にリン酸水溶液を用いた水素燃料電池においては，負極で水素イオンが生じ，電解液中を移動して正極の反応に利用される。

⑸　③

解説：

リチウムイオン電池の起電力は，約 4.0V で大きく，スマホやノートパソコンなどに幅広く利用されている。